Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

SITZUNG VOM 21. MAI 1852.

Vorträge.

Über die Unzukömmlichkeiten gewisser populärer Anschauungsweisen in der Undulationstheorie und ihre Unfähigkeit das Princip der Erhaltung der Schwingungsdauer zu ersetzen.

Von dem w. M. Prof. Jos. Petzval.

Ich habe in der Sitzung vom 15. Jänner 1852 der mathematischen Classe die Grundzüge einer neuen, der Undulationstheorie angehörigen Analysis mitgetheilt, die im Wesentlichen eine Ableitungsweise enthält ihrer Bewegungsgleichungen, welche aber nicht, wie die bekannten Theorien, einen stabilen Gleichgewichtszustand des fortpflanzenden Mittels, sondern einen permanent gewordenen Strömungszustand zu Grunde legt. Offenbar ist dieser Letztere der, wenigstens bei flüssigen Medien, in der Natur weit häufiger vorkommende und Ersterer davon nur ein seltener specieller Fall, auf den übrigens die von mir abgeleiteten Gleichungen ebenfalls passen, nachdem sie die Eigenschaft besitzen, sich auf die bekannten Cauchyschen zurückzuziehen, wenn man die Componenten der Strömungsgeschwindigkeit, die dort u, v, w heissen, der Nulle gleichsetzt.

Ich habe als Folgerung aus diesen Gleichungen allsogleich ein Naturgesetz abgeleitet, das „Gesetz der Erhaltung der Schwingungsdauer" genannt, und die Meinung ausgesprochen, dass dieses, selbst in den Elementen der Wissenschaft, manche dort vorhandene und nach meinem Ermessen ungenügende Anschauungsweisen mit Vortheil zu ersetzen geeignet sei.

Bei dem vorgeschrittenen Stande der Wissenschaft, der es mit sich bringt, dass man für jede auftauchende neue Erscheinung alsobald eine Erklärung sucht und dann natürlich auch findet, muss eine jede neue Theorie entweder den früher bereits bestandenen

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Erklärungsweisen feindlich sein, oder sich selbst im Lichte stehen; denn sie erklärt entweder diese alten Erklärungsweisen für unzulänglich und dann steht sie ihnen feindlich gegenüber, oder sie thut dies nicht — dann erscheint sie als unnöthig, was in einer Zeit, wo es viel Nothwendiges in der Wissenschaft zu thun gibt, auch ein nicht unerheblicher Tadel ist. Hieraus folgt nun wieder ganz natürlich, dass eine neue Theorie ihrerseits auf die eine oder die andere Weise angegriffen wird und dies ist der Meinigen auch wirklich zu Theil geworden. Zwei achtbare, hochgeehrte Mitglieder dieser Gesellschaft haben sich mit derselben nicht einverstanden erklärt, und sich sogar, wie ich erfahren habe, vorgenommen, das Gewicht ihrer gereiften Einsichten dagegen in die Wagschale zu legen. Ich habe einen solchen Widerspruch, von dem ich hier beiläufig bemerke, dass er mir im hohen Grade erfreulich ist, vorhergesehen, und desshalb meiner Arbeit, die ihrem Inhalte nach eher in unsere Denkschriften passen würde, vor der Hand nur einen Platz in den Sitzungsberichten angewiesen, weil dies der schicklichere Ort für eine wissenschaftliche Polemik ist und weil durch eine solche, wenn sie gründlich durchgeführt wird, in einem jeden Falle die Sache selbst gewinnen und, wenn auch nur der Form nach, zu einer edleren, würdigeren Gestalt gelangen muss.

Die erst einige Jahrzehnte alte Undulationstheorie, durch die Bemühungen von Fresnel, Cauchy, Poisson und sehr vielen anderen mathematischen Naturforschern, deren Namen hier nicht genannt werden können, eben weil sie so viele sind, rasch entwickelt, ist eine Fundgrube geworden der schönsten Methoden, der brauchbarsten analytischen Hülfsmittel und der genialsten Wendungen. Gleichwohl muss ihr der Vorwurf gemacht werden, dass sie noch manche schwache Seite biete und namentlich von Voraussetzungen ausgehe, die in der Natur ganz gewiss keine Repräsentation finden. Versucht man aber die vorhandenen Lücken auszufüllen und durch die Allgemeinheit der zu Grunde gelegten Voraussetzungen auch den Zustand in der Natur zu umfassen, so wird man erst gewahr, dass man zu thun habe mit überwältigenden Massen und dass man, trotz der Fruchtbarkeit der analytischen, in die Undulationstheorie niedergelegten Methoden, doch noch nicht genug Material habe zu einem Neubau. Hierin mag es liegen, dass in der letzten Zeit der Eifer derjenigen Gelehrten, die diesen Weg betreten haben, wie es scheint,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

etwas nachgelassen hat; wir warten aber, wie ich glaube, vergebens auf einen Newton, der uns ganz allein den Weg zum Ziele zeigen soll; es scheint vielmehr, als ob dies nur zu erreichen wäre durch das vereinte Zusammenwirken Vieler und zwar Mathematiker sowohl, als Experimentatoren, denn, wie gesagt, der Gegenstand ist für den Einzelnen zu umfassend, zu überwältigend.

Wenn aber Mehrere, jeder nach seiner Neigung, im vereinten Zusammenwirken nach diesem höchsten Ziele der Wissenschaft streben wollen, so sind ihre Bemühungen, der Natur der Sache nach, immer mehr oder weniger einseitig; Einseitigkeit wird dann oft die Quelle von Irrthümern und darum scheint es erspriesslich, dass bei einem jeden neuen gemachten Schritte der das Errungene befestigende Widerspruch sich erhebe. Wenn also irgendwo, so ist vorzugsweise auf dem Gebiete der Undulationstheorie, wenn sie uns wieder neu erblühen soll in vollkommnerer Gestalt, der Kampf um ihre Lehren Bedürfniss, vielleicht *conditio sine qua non*, und dies ist der Grund, warum auch mir der Widerspruch auf diesem Felde in so hohem Grade willkommen ist. Ich habe daher, um ihn von Seite der obangedeuteten beiden Herren Mitglieder zu beschleunigen, denselben, sobald es thunlich war, einen Bürstenabzug meines Aufsatzes mitgetheilt, es ist aber bisher, zu meinem Leidwesen, ungeachtet ihrer geäusserten Missbilligung, ein geordneter, wohlbegründeter Widerspruch vor der Classe nicht erfolgt und ich entnehme nur Zweierlei aus den Äusserungen, die mir bekannt geworden sind: Erstens: meine Theorie wäre unnütz, weil sich ihre Resultate von selbst verstehen; Zweitens: ich wagte es nicht, die Discussion dieses Gegenstandes, die kaum angehoben hat, fortzusetzen. Ich will zuvörderst über diesen letzten Punkt Einiges bemerken.

Ganz rücksichtsloser Widerspruch gehört in einer jeden guten Gesellschaft und umsomehr in derjenigen, vor welcher ich zu sprechen die Ehre habe, wie allgemein und mit Recht angenommen, zu den Unschicklichkeiten, besonders, wenn ihm die nöthige Begründung fehlt und desshalb ein leeres Wortgezänke die Folge davon ist. Wir haben sogar wohl gethan, dass wir oft bei jüngeren Talenten, deren Arbeiten die eigentliche akademische Reife noch nicht hatten, um sie nicht zu entmuthigen, Nachsicht übten, aber wir alten, schwer geharnischten Kämpen machen doch auf eine solche Nachsicht keinen Anspruch, sondern verlangen nur, dass der Kampf

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gegen uns geführt werde nach den Gesetzen der Ritterlichkeit, dass er sich drehe um die Sache und nicht um die Person, dass er geführt werde mit dem der Sache entsprechenden Ernste, d. h. mit allen Hülfsmitteln der tieferen und gründlicheren Wissenschaft — Letzteres ist schon desshalb nöthig, damit uns der Vorwurf nicht treffe, dass wir nur Akademie spielen.

Wenn daher der beabsichtigte Widerspruch bisher darum noch nicht gekommen sein sollte, weil meine hochgeehrten Herren Collegen mich für einen schüchternen Menschen halten, der nicht gerne Etwas wagt, und aus Rücksichten, welche die feine Sitte dictirt, dies Gefühl der Schüchternheit nicht verletzen zu wollen, nachsichtig genug sind, so muss ich darauf bemerken, dass ich allerdings den Frieden liebe und dass ich, in meiner Stellung als Universitätsprofessor, mir erlauben kann schüchtern und friedfertig zu sein, als Mitglied jedoch der Akademie der Wissenschaften habe ich dazu eben so wenig ein Recht, als der Soldat vor dem Feinde. Ich würde daher diese meine angeborne Schüchternheit selbst in dem Falle abzulegen suchen, wenn für mich empfindlicher Schaden zu befürchten wäre; da dies aber auf dem von mir betretenen Gebiete nicht der Fall ist, so ist auf meiner Seite nicht einmal Überwindung vonnöthen, ich stehe sogar nicht an, noch Folgendes zu erklären: Ich habe die Undulationstheorie häufig zum Gegenstande meiner Bemühungen gemacht und selbst meine Forschungen über die Integration der linearen Differentialgleichungen wurzeln in eben diesen Bestrebungen und sind durch die dort aufgetauchten Bedürfnisse hervorgerufen. Ich habe manches Kühne und sehr Angreifbare in diesem Fache gedacht und es zum Theil in meinen Vorträgen an der Universität sogar mitgetheilt; ich scheue mich nicht Ihnen das Kühnste und Angreifbarste davon zuerst darzubieten — Sie ersehen daraus, dass ich nicht einmal fürchte Unrecht zu haben und eines erwiesenen Irrthums überführt zu werden. Ich werde Ihnen z. B. gelegentlich den Beweis eines Satzes mittheilen, der so lautet: Die Wärme ist entweder ein Stoff und keine Modification der Körper, oder das Gesetz der Molecularwirkung ist lediglich und ausschliesslich das Newton'sche, nämlich das umgekehrte quadratische Verhältniss der Distanzen, denn da mir nur um die Sache zu thun ist, so muss ich ja vor allem anderen wünschen, dass die schwächeren Theile meiner Forschungen

Digitized by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

vorzugsweise der Discussion unterworfen und durch Widerspruch berichtigt werden; für die an sich feststehenden brauche ich ja offenbar keine Berichtigung und daher auch keinen Widerspruch. Es ist gar nicht nöthig, dass man den Sieg davon trage, schon der Kampf, mit diesen schweren Waffen geführt, ehrt den Sieger und den Besiegten, und hiermit glaube ich die rücksichtsvollen Besorgnisse meiner sehr ehrenwerthen Herrn Collegen beschwichtigt zu haben.

Ein viel ernsterer Vorwurf liegt aber in der ersten der angeführten Äusserungen, dass nämlich meine Analysis keinen Nutzen gewähre, indem die bisher daraus gezogenen Folgerungen etwas seien, was sich ja von selbst verstehe, nämlich, um auf das Allergelindeste zu sprechen, der Vorwurf, dass meine Bestrebungen die rechte Zeit verfehlt haben, entweder zu früh oder zu spät gekommen sind. Es ist nun freilich wahr, dass die Unveränderlichkeit der Oscillationsdauer etwas bisher durch einen gewissen wissenschaftlichen Instinct allgemein Zugelassenes war, bevor es noch von der und jener Seite und in speciellen Fällen in Frage gestellt wurde; allein die Unveränderlichkeit der Oscillationsdauer ist ja nur ein einzelnes, erstes Corollarium meiner Theorie und neuere experimentelle Untersuchungen haben ja nicht nur den Einfluss einer strömenden Bewegung auf die Oscillationsdauer, sondern auch auf andere Umstände, wie Wellenlänge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit zum Gegenstande gehabt, und auch dieser Einfluss muss offenbar in den von mir aufgestellten Formeln, wenn sie richtig sind, enthalten sein, so dass nach meiner Meinung die von mir vorgetragene Analysis schon durch den Umstand, dass sie anstatt des Zustandes eines stabilen Gleichgewichts den einer permanenten Strömung setzt, und ohne Rücksicht auf die erste daraus gezogene Folgerung, das Princip der Erhaltung der Oscillationsdauer nämlich, eine in der Undulationstheorie vorhandene Lücke auszufüllen und so einen gewissen inneren Werth zu behaupten scheint. Zudem muss ich selbst eingestehen, dass ich an die von mir vorgetragene Theorie gar nicht gedacht hätte, wenn mir nicht die neueren Anschauungsweisen bekannt geworden wären, wenn ich von ihnen nicht Gebrauch gemacht hätte, um meine eigenen kleinen Lucubrationen mittelst derselben zu stützen und wenn ich nicht daraus die tiefe Überzeugung geschöpft hätte, dass mittelst derselben und auf die Weise, wie sie in manchen Druckschriften gebraucht werden, sich alles Mögliche darthun lasse, *pro* und *contra*,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

so, dass mir diese Anschauungsweisen, wenn sie, wie es geschehen ist, über die Grenzen ihrer Wirksamkeit ausgedehnt werden, wirklich in dem Lichte von naturwissenschaftlichen Sophismen erscheinen, die man zwar aus dem Gebiete des Wissens nicht schlechterdings verbannen kann, weil sie, ihrer Einfachheit wegen und mit Vorsicht gebraucht, zwischen den engen Grenzen, innerhalb welcher sie gültig sind, ein sehr wirksames Mittel des elementaren Unterrichtes bilden, denen man aber auf dem Gebiete der Wissenschaftsforschung misstrauen muss und die sich desshalb am allerwenigsten dazu eignen, Resultate akademischer Arbeiten darauf zu stützen. Ich glaube demnach, dass, aus diesen Anschauungsweisen und in Folge derselben, das Princip der Erhaltung der Oscillationsdauer eben so sehr in Gefahr stehe, thatsächlich verkannt zu werden, als es mit Worten zugegeben wird. Nachdem es nun an und für sich und *a priori* nicht evident ist, nachdem es ferner zu bezweifeln steht, dass selbst sein eigentlicher Sinn, ohne Beihülfe der höheren Analysis oder einer darauf gegründeten Erklärung, mit Schärfe aufgefasst werde, so finde ich mich veranlasst, meine Arbeit gegen den niederschlagenden Vorwurf der Nutzlosigkeit und Entbehrlichkeit in Schutz zu nehmen. Zu diesem Zwecke aber steht mir leider kein anderer Weg offen als derjenige, der darin besteht, dass man die Unzulänglichkeit der anderen Hülfsmittel erweist; denn der Vorwurf der Entbehrlichkeit ist ja ein sehr brauchbarer, überall anwendbarer und zu Dienste stehender, und wer in der Wissenschaft das Eine entbehren kann, der entschliesst sich sehr leicht dazu auch das Andere nicht zu brauchen. Dass aber durch eine solche Genügsamkeit, mit Consequenz durchgeführt, endlich die ganze Wissenschaft und Alles was daran hängt entbehrlich wird, wäre die nächste, wahrscheinlich etwas unliebsame Folgerung. Glauben Sie darum nicht, dass ich mich entschliessen könnte, eine Reihe mehr oder weniger nützlich gewordener Anschauungsweisen der populären Wissenschaft nur darum anzugreifen, um den Werth meiner eigenen Analysis zu heben, ich besitze hiezu einen anderen, viel wichtigeren Grund: ich bin nämlich durchdrungen von der Überzeugung, dass man kaum etwas Verdienstlicheres thun könne, als das masslose Bestreben zu Popularisiren, das der populären Wissenschaft anhängt, in die gebührenden Grenzen zurückweisen, weil die Geschichte der Wissenschaft gelehrt hat, dass es den Fortschritten derselben

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

keineswegs förderlich sei, vielmehr, unmittelbar sowohl als auch mittelbar, Schaden bringe. In der That: wenn Jemand herausgebracht hat, dass gewisse, tief begründete und daher nur Wenigen zugängliche Lehren sich bewältigen lassen mit geringen mathematischen Hülfsmitteln, die nicht viel über die Proportionen und die Ähnlichkeit der Dreiecke hinausreichen, freilich nur auf höchst unvollkommene Weise und oft sogar durch einen reinen Trugschluss, so ist die nächste Folge davon, dass, besonders die sogenannten Praktiker in der Wissenschaft, unsere mächtigeren Hülfsmittel: Differentialgleichungen u. s. w. für ganz und gar entbehrliche Spitzfindigkeiten erklären. Allein in der Folge zeigt sich die Unzulänglichkeit der populären Methoden und die Erfahrung bringt Fälle an den Tag, wo sie zu Irrthümern und Widersprüchen Veranlassung geben; jetzt werden auch die populären Methoden weggeworfen und man sagt: die Mathematik tauge überhaupt nichts in dieser und jener Wissenschaft. So wird das Instrument für werthlos erklärt, weil man davon gar keinen oder nur einen unpassenden Gebrauch gemacht, das eigentlich Werthvolle als unnütz und das Übrige als trügerisch weggeworfen hat. Es wird darum von Zeit zu Zeit nothwendig, über die bereits gewonnenen Lehren und die hiezu verwendeten Methoden Revue zu halten, und sie in die passenden Schranken zurückzuweisen; wird dies nun zur geeigneten Zeit gethan, und als die geeignetste Zeit erscheint mir die, wo eine bevorstehende Reform in dem betreffenden Zweige des Wissens zu gesteigerterer Besonnenheit auffordert, so hat die Wissenschaft hievon nur Gewinn zu erwarten. Die populären Methoden behalten, wenn auch auf den Wirkungskreis des Unterrichtes angewiesen, ihren Werth, die des höheren Wissens hingegen behaupten ebenfalls den ihrigen, als Instrument der Forschung und Probirstein des Errungenen.

Da nun gerade dem von mir zur Aufstellung vorgeschlagenen Principe der Erhaltung der Schwingungsdauer der Vorwurf der Entbehrlichkeit gemacht wird, und dies offenbar nur geschehen kann aus dem Grunde, weil bereits vorhandene andere Darstellungsweisen derselben Sache alles Gewünschte leisten sollen, so frägt sich vorerst, ob deren wirklich vorhanden sind, und es ist in der That dieselbe Sache auch einer anderen Darstellungsweise fähig, die, gewissen Bildern, von denen die populäre Wissenschaft nützlichen Gebrauch gemacht hat, entnommen, sich in neuerer Zeit geltend

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gemaeht hat, und eben jener, Jedermann gefälligen Bilder wegen, einen Grad von Klarheit und Ansehauliehkeit besitzt, der ihr unwiderstehlich Eingang zu versehaffen nicht ermangeln kann.

Selbst mit dem höheren Caleul vertraute Männer bedienen sieh ihrer gegenwärtig und scheinen sie nicht nur als Hülfsmittel des elementaren Unterriehts, sondern aueh als Werkzeuge der tieferen Wissensehaftsforsehung zu sebätzen — sie sagen: „Es sind ja diese „Anschauungsweisen nur überhaupt Eingebungen des gesunden Men„sehenverstandes und auf etwas anderes als solehe Eingebungen „lässt sieh aueh kein Caleul gründen. Überdem kann man ja auch „aus einer Rechnung nieht mehr ziehen als man hineingelegt hat; „in allen den Fällen also, wo ieh meinen Zweek ohne den zwar sehr „wirksamen aber unbehülfliehen, in der obscuren Sprache der Diffe„rentialgleiehungen redenden Hülfsmitteln der höheren Analysis „erreiehen kann, ist diese mindestens nutzlos und wenn sie mit den „direeten Ergebnissen des gesunden Menschenverstandes in Wider„spruch geräth sogar irrig. Dass sieh die Oseillationsdauer nieht „ändere dureh den Einfluss einer anderweitigen Bewegung, das „wissen wir ja ohnehin, das ist ja aber die objeetive Oseilla„tionsdauer, mit der subjeetiven hat es eine andere Bewandt„niss" u. s. w.

Dieser Spraehe gegenüber würde es sehr wenig nützen, die Vorzüge des mathematisehen Denkens auseinanderzusetzen und darzuthun, dass der Analyst, nieht wie der gewöhnliche Denker, Syllogismus um Syllogismus vereinzelt auf den Kampfplatz sehieke, sondern sie vielmehr in Form von mathematisehen Formeln batallionweise geordnet vorrüeken lasse; dass die Analysis, in Folge des so zu sagen meehaniseh gemaehten und ihr anvertrautenAntheiles am Denkgesehäfte, in allen denjenigen Fällen als eine prompte *deductio ad absurdum* auftrete, wo die in Reehnung gelegten Voraussetzungen einen Widersprueh in sieh enthalten, oder wo man einen wiehtigen Umstand gänzlieh ausser Aeht gelassen hat; dass man, um nur eine Rechnung anzufangen, sehon klare, quantitativ bestimmte Begriffe mitbringen müsse, und in Folge dieses Umstandes oft sehon eine nur begonnene Reehnung uns von der Unzukömmliehkeit gewisser populärer Ansehauungsweisen zu belehren vermöge, u. s. w.—denn man könnte da wieder entgegnen, dass man aueh dies schon lange wisse. Findet man daher, dass gewisse Analogien zur Erklärung von irgend Erseheinungen, die sie

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ihrer Natur nach zu erklären nicht vermögen, gemissbraucht werden, und dass in Folge dessen die Wissenschaft irgend einen, wenn auch nur formellen Irrthum aufzunehmen in Gefahr stehe, so dürfte es sehr wenig nützen, nur auf die Differentialgleichungen als den wahren Ausdruck der Erscheinungen hinzuweisen, es wird vielmehr noch überdies nothwendig sein, den Massstab des gesunden Menschenverstandes wo möglich ohne Mithülfe des Calculs an die angeblichen Erzeugnisse desselben, die Analogien nämlich, anzulegen und nachzuweisen, wo die Grenzen der gültigen Analogie überschritten sind und wo man auf einen wichtigen Umstand ganz und gar vergessen hat.

Wir wollen daher hier einige dieser Ansichten im angedeuteten Sinne einer Prüfung unterwerfen, ohne desshalb auch nur den leisesten Bezug zu nehmen auf irgend Jemand, der sie vielleicht die Seinige nennt, denn es ist uns nur um die Sache zu thun und es wäre auch überhaupt ein höchst unerspriessliches Beginnen, die Werke von irgend Jemand dabei auch nur vorzugsweise ins Auge zu fassen; denn abgesehen davon, dass man so, in lauter Particularitäten verwickelt, den wissenschaftlichen Zweck gänzlich verfehlte, ist der grösste Theil dieser Schriften auch von der Art, dass sie die entgegengesetztesten Meinungen in sich begreifen dergestalt, dass der zweite Paragraph dem ersten widerspricht, der Verfasser daher immer sagen kann: „Dies habe ich auch gemeint."

Eine dieser Ansichten spricht zuvörderst von einer Welle als etwas Fortschreitendem, freilich soll dies Fortschreitende nur eine Form sein, allein der gewöhnliche sogenannte gesunde Menschenverstand ist nur zu sehr geneigt, sich dazu noch einen materiellen Gegenstand vorzustellen, der eben die Form trägt — Sie können hier an den Bewohner einer gewissen Stadt denken, der bei windigem Wetter seine Mitbürger allarmirte, indem er sie versicherte „das Getreide laufe davon." Diese Vorstellung von etwas Materiellem entsteht um so natürlicher, als man der Welle noch eine andere Eigenschaft beilegt, nämlich die zu pulsiren, zu stossen, zu schlagen. Man sagt nämlich, dass ein Licht oder Schall erregender Körper eine Reihe von Wellen aussende; treffen diese Wellen auf ihrem Wege ein Auge oder Ohr, so übt eine jede darauf einen Stoss, und die regelmässige Aufeinanderfolge solcher Stösse erzeugt das angenehme Gefühl einer Farbe, oder eines Tons. Häufigere Stösse auf eine Secunde fallend, erzeugen einen höheren, minder häufigere eine tieferen Ton und eben so von

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der Farbe. Legen Sie nun diesem Bilde von etwas Fortschreitendem und Schlagendem in einer Welle Realität bei, so können Sie hieraus, ganz ungezwungen und mit einer Klarheit ohne Gleichen, die nachstehenden Folgerungen ziehen:

Erstens. Geht das Ohr der Tonquelle und sohin auch den Wellen entgegen, so wird es offenbar in einer bestimmten Zeit, z. B. in einer Secunde, auf mehrere derselben treffen als im Zustande der Ruhe und sohin auch mehr Stösse bekommen, was einen höheren Ton gibt.

Zweitens. Geht das Ohr mit den Wellen in derselben Richtung und mit geringerer Geschwindigkeit als die Wellen, so wird es von einigen derselben überholt werden und sohin wohl Stösse erhalten, aber weniger, als im Zustande der Ruhe, indem es einem Theile derselben durch die Bewegung entgeht, was offenbar die Empfindung eines tieferen Tons erzeugen muss. Auf ähnliche Weise verhält es sich, wenn das Ohr in Ruhe und die Tonquelle in Bewegung ist: es wird nämlich diese einen Theil der ausgesendeten Wellen einzuholen, dem anderen Theile zu entfliehen suchen. Hierdurch ist unmittelbar eine Verkürzung der Wellenlänge in der Richtung der Bewegung und eine Verlängerung in der entgegengesetzten verknüpft. Die verkürzten Wellen üben nun auf ein Ohr, welches sie treffen, häufigere Schläge, die verlängerten minder häufige, und so veranlassen denn die ersteren die Wahrnehmung eines höheren, die letzteren eines tieferen Tons. Diese an sich sonnenklare Ansicht ist selbst mit Hülfe der entsprechenden einfachen mathematischen Entwicklungen bis ins numerische Detail ausgesponnen worden.

Sie werden wohl wahrgenommen haben, dass im Laufe dieser Darstellung, nebst den zwei Bildern des Fortschreitens und des Stossens sich noch eine eigenthümliche Begegnungsweise der Wellen und des Ohres bemerklich gemacht hat, zu deren Erläuterung wir abermals eine bereits gebrauchte Analogie verwenden können. Die Sache soll sich nämlich beiläufig auf folgende Weise zutragen: Jemand — das Ohr — bewegt sich eine Strasse entlang, eine grosse Anzahl von Bekannten — die Wellen — begegnen ihm in regelmässigen Zwischenräumen; sie ziehen grüssend den Hut und es erfolgt immer ein Gegengruss durch Abziehen des Hutes und es ist klar, dass besagter Jemand mit seinem Hute einen höhern Ton wird schwingen müssen, wenn er seinen Bekannten entgegengeht, als wenn er sie

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

vorbeidefiliren lässt oder gar denselben Weg mit ihnen einschlägt. Ja, aber, wie wäre es denn, wenn dieser Jemand und seine Bekannten eine grössere als die Hutsympathie für einander hätten, wenn der erste und die folgenden sich als Begleiter zugesellen würden und bei dem daraus entstehenden Gedränge die anderen seitwärts auszuweichen genöthigt wären? welchen Ton würde da der Hut schwingen? Wozu die Frage? wird man hier einwerfen — ja, mir scheint, die Sache ereigne sich beinahe so, und die beigebrachten Gleichnisse haben unter anderem das Mangelhafte, dass sie auf eine Mittheilung der progressiven Bewegung keine Rücksicht nehmen.

Gehen wir gerade auf den Gegenstand los. Die höhere Wissenschaft, die in den Differentialgleichungen spricht, bezeichnet, wie Sie wohl schon gesehen haben, in der eben vorgetragenen Ansicht, trotz ihrer lichtvollen Klarheit, manchen Irrthum — je lichtvoller, desto gefährlicher. Dass dieser Irrthum in dem Missbrauche gewisser Analogien bestehe, brauche ich nicht erst zu sagen; dass in der Welle gar nichts Materielles, Fortschreitendes liege, sondern nur eine Form: der geometrische Ort, wo ein gewisser Cosinus den Werth 1 hat; dass man auch ferner von gar keinem Schlage oder Stosse sprechen könne — wenigstens gehört das, was dort stattfindet, nicht in das Capitel vom Stosse der Körper — das alles brauche ich Ihnen nicht mehr zu sagen. Wichtig aber wird es sein, den Punkt anzugeben, wo die Grenzen der Gültigkeit der gebrauchten Analogien überschritten sind, oder, was dasselbe ist, das Irrthümliche in der Ansicht mit wenigen Worten zu bezeichnen. Der Irrthum nun reducirt sich wesentlich auf folgende zwei Punkte:

Erstens. Dass das fortpflanzende Mittel bereitwilligst die undulatorische Bewegung von den tönenden oder leuchtenden Körpern übernehme und an das Ohr oder Auge ebenso bereitwillig abgebe, für die progressive Bewegung dagegen, der Ton- oder Lichtquelle sowohl als auch des Auges oder Ohres, vollkommen unempfindlich sei — die Aufnahme dieser progressiven Bewegung entschieden verweigere. Dies würde jedoch nicht hinreichen, weil man unter der Voraussetzung, dass dieser Theil des Irrthums zu Recht bestehe, aus mechanischen Gründen leicht nachweisen könnte, wie demnächst gezeigt werden soll, dass der eigentliche Sachverhalt ein ganz anderer sei, als der dargestellte. Es reiht sich daher an diesen ersten Theil

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

des Irrthums ein fernerer stillschweigend in die Ansicht niedergelegter an, nämlich:

Zweitens. Die Mittheilung der Undulation, von Seiten des schwingenden Körpers sowohl an das Mittel, als auch von diesem an das Ohr oder Auge, geschieht nicht in einer entsprechenden Zeit, sondern plötzlich, durch eine Art Explosion, Stoss oder Schlag. Dieser zweite Theil des Irrthums ist ganz natürlich dadurch entstanden, dass man dem Bilde der ansehlagenden Welle Realität beigelegt, und so eine flüchtige Ähnlichkeit in eine Identität verwandelt hat. Es ist nicht zu verkennen, dass es eines tieferen Eingehens in die Natur der in Rede stehenden Ansicht bedürfe, um zu sehen, dass die erwähnten Voraussetzungen wirklich in dieselbe niedergelegt sind, und zu gleicher Zeit ihre Unrichtigkeit zu erkennen; aber eben darum ist es desto wichtiger, den Irrthum bis an seine Quelle zu verfolgen.

Wir entlehnen daher einer Abhandlung, deren Titel und Verfasser zu nennen ohne Nutzen wäre, weil wir, wie schon gesagt, keine Person, sondern nur die Sache im Auge haben, die folgende Darstellungsweise:

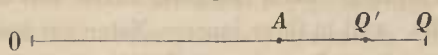
Es wird vorausgesetzt, dass der Beobachter in O unbeweglich sei, eine Tonquelle in Q dagegen mit der Geschwindigkeit α sich zu oder von demselben bewege, a die Geschwindigkeit sei, mit der die Wellen fortgepflanzt werden, n'' die Anzahl Secunden, die eine Welle nöthig hat, um Eine Wellenlänge $= AQ$ zu durchlaufen und x'' die Zeit, die sie braucht, um von Q' nach A zu gelangen, „so hat man vor „Allem den Einfluss dieser Bewegung auf die der Quelle nächste „Welle zu berücksichtigen, da die einzelnen entstandenen Wellen, „wie Fig. 3 veranschaulicht, in völlig unveränderter Weise bis „zum entfernten Beobachter in O fortgepflanzt werden. Während „daher die erste Welle von Q nach A gelangt, wobei sie einen Weg „gleich an'' durchläuft, ist die Quelle Q selbst nach Q' gekommen, „wobei sie einen Weg gleich $\alpha n''$ macht, und die zweite Welle „braucht nur noch eben so viele Zeit, als zum Durchlaufen der entsprechenden Wellenlänge $Q'A$ nöthig ist. Man hat daher wegen:

$$an'' \mp \alpha n'' = \alpha x''$$

$$x'' = \frac{a \mp \alpha}{a} n'' \qquad \text{„oder auch:} \qquad \alpha = \pm \left(\frac{x''}{n''} - 1 \right) a$$

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Figur 3.



Nach dieser Darstellung kann es nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass kraft derselben dem Mittel eine völlige Unfähigkeit zugeschrieben werde, an der progressiven Bewegung der Tonquelle Theil zu nehmen, denn sonst hätte man nicht so sprechen dürfen, sondern etwa wie folgt:

Wenn $Q\,A$ die Länge einer Welle ist, und die Tonquelle während derselben Zeit von Q nach Q' kömmt, während welcher die Welle den Raum $Q\,A$ im ruhigen Mittel durchlaufen würde, so wird diese Bewegung der Tonquelle sich mindestens den nächsten Schichten des Mittels mittheilen; es wird in dem nunmehr bewegten Mittel die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit eine grössere werden und mit dieser grösseren Geschwindigkeit ein Raum zurückgelegt werden, der beiläufig um QQ' grösser ist, als im unbewegten Mittel u. s. w., und diese neue, oder eine ähnliche Sprache, würde zu ganz anderen Formeln geführt haben. Auf ähnliche Weise ersieht man mit einiger Aufmerksamkeit sehr bald, dass auch die Hypothese der explosionsweisen Mittheilung in eben dieser Darstellung enthalten sei, denn sonst hätte man ja nicht von der Welle als einem gleichsam untheilbaren Individuo zu sprechen vermocht mit den Worten: „und die zweite Welle braucht nur noch eben so viele Zeit, als zum Durchlaufen der entsprechenden Wellenlänge $O'\,A$ nöthig ist," sondern man hätte, da die Welle, analytisch betrachtet, ein Inbegriff von eben so vielen Erregungen als Oscillationsphasen, d. h. von unendlich vielen ist, die Eintheilung in diese unendlich vielen vornehmen und den Effect beiläufig auf die Weise in Rechnung ziehen sollen, die ich Ihnen weiter unten mitzutheilen gedenke.

Es bedarf gar keiner mathematischen Kenntnisse, um einzusehen, dass die Mittheilung der Bewegung einen und denselben Grund habe, es mag diese eine progressive oder eine Undulation sein; es wird nämlich stets ein in Bewegung gesetztes Theilchen die ihm zunächst liegenden, durch die zwischen ihnen waltenden anziehenden oder abstossenden Molecularkräfte, zur Theilnahme an derselben veranlassen; diese wirken nun auf die nächstfolgenden und diese wieder auf ihre Nachbarn und so pflanzt sich die Bewegung fort. Sie schliessen hieraus, dass für beiderlei Sorten von Bewegung bei dem

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Mittel einerlei Empfänglichkeit vorauszusetzen sei, schon aus der einfachen Ursache, weil in ihrer inneren Natur gar kein Unterschied liegt und weil progressiv und undulirend, periodisch und nicht periodisch, nur Begriffsformen sind, unsere beschränkte Fassungskraft zu unterstützen. Man zerquält daher seine Fantasie ganz vergebens, um einen Fall ausfindig zu machen, in welchem ein schwingendes System von materiellen Punkten, z. B. ein tönender Körper, der zugleich in progressive Bewegung versetzt wird, dem umgebenden Mittel nur den Ton mittheilen und dabei keinerlei Strömung veranlassen soll; geschähe dies dennoch, so ist es klar, dass ein jedes schwingende Theilchen im tönenden Körper sich nur sehr kurze Zeit in der Nähe eines und desselben Theilchens des Mittels befinden werde, das erstere wird daher auf das zweite nicht seine ganze Bewegungsweise übertragen können, sondern nur eine Phase derselben, eine andere Phase auf ein anderes Theilchen u. s. w. Was nun die Resultate aller so mitgetheilten und fortgepflanzten Bewegungen in einem bestimmten Punkte des Raumes seien, lässt sich nur mittelst viel complicirterer Rechnungen zu Stande bringen, als die eben angeführten, wie wir demnächst sehen werden. Die Abwesenheit derselben zeigt nun, dass bei dieser Darstellung noch eine zweite Hülfsvoraussetzung mitlaufe, nämlich die der explosions- oder schlagsweisen Mittheilung der Bewegung an das fortpflanzende Mittel, welche keine Phasen kennt, die sich zu interferiren im Stande wären. Hier drängt sich nun unwillkürlich die Frage auf: Welcher ist denn der wirkliche Verlauf der in Rede stehenden Erscheinungen?

Der Mathematiker wird wohl stets die Antwort auf diese Frage bereits in der analytischen Sprache der Differentialgleichungen und namentlich im Principe der Coexistenz der elementaren Bewegungen und der Erhaltung der Schwingungsdauer suchen; für den Nichtmathematiker aber will ich nur einen speciellen Fall herausheben, nämlich den in Rede stehenden, der hoffentlich genügen wird, um über die Sache das nöthige Licht zu verbreiten; ich will nämlich voraussetzen: ein tönender Körper bewege sich mit einer, wenn Sie wollen beträchtlichen Geschwindigkeit in der atmosphärischen Luft. Die nächsten Schichten dieses Mittels werden alsbald in die Bewegung verflochten; vor dem Körper gewahren Sie eine Verdichtung, hinter demselben eine Verdünnung der Luft. Mit der ersten ist eine Wärmeentwicklung und sohin gesteigerte Elasti-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

cität, mit der letzteren ein Sinken der Temperatur und verminderte Elasticität verknüpft. Die grössere Elasticität hat eine grössere Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen, die kleinere eine verminderte solche zur Folge. Der tönende Körper vermag sonach seine Schallwellen aus zwei Ursachen nicht einzuholen: Erstens aus derselben Ursache, aus welcher ein Karrenschieber seinen Karren nicht einholt, nämlich, weil er ihn vor sich her schiebt, und zweitens wegen der gesteigerten Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Es ist daher nicht einmal richtig, dass sich vor dem Körper die Wellenlänge kürze, diese kann vielmehr in sehr vielen Fällen, ganz im Gegensatze mit den Ergebnissen der in Prüfung stehenden Ansicht, an der Vorderseite grösser und an der Hinterseite kleiner ausfallen, als im unbewegten Mittel. Verdichtung ferner an der Vorderseite, Verdünnung an der Rückseite des Körpers, so wie Theilnahme an der Bewegung, d. h. Strömung, werden aber offenbar desto kleiner, je mehr man sich vom tönenden Körper entfernt; in gleichem Masse nun, wie das bewegte Mittel in ein ruhendes, normales übergeht, erhalten auch alle Grössen, die durch die Strömung eine Änderung erlitten hatten, d. h. Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Wellenlänge, ihre ursprünglichen normalen Werthe wieder, die Oscillationsdauer ist aber vollkommen und fortwährend dieselbe geblieben. Wenn daher der tönende Körper im ruhenden Zustande etwa den Ton *A* schwingt, so wird er, in Bewegung gesetzt, nicht nur fortfahren *A* zu tönen, sondern er wird auch an das umgebende Mittel denselben Ton *A* und keinen andern abgeben.

Es ist also nicht zu verkennen, dass in dieser Darstellung die zwei früher erwähnten, irrthümlichen Voraussetzungen verborgen seien:

Erstens: Unfähigkeit des Mittels an der progressiven Bewegung der Tonquelle Theil zu nehmen;

Zweitens: Explosionsweise Mittheilung der undulatorischen Bewegung an dasselbe, welche gar keine Phasen kennt. — Jede dieser Voraussetzungen würde für sich hinreichen, die Beschreibung des Verlaufes der Erscheinung zu einer wesentlich unrichtigen zu machen, beide zusammengenommen thun dies nur um desto mehr; keine der beiden irrthümlichen Annahmen lässt sich übrigens aufgeben, wenn man nicht der Macht der Differentialgleichungen unrettbar verfallen will. Der Einfluss der Strömung, die von einer

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

in progressiver Bewegung begriffenen Tonquelle erzeugt wird, auf die Undulation, lässt sich nur mit Hülfe einer ähnlichen Analysis erörtern, wie die von mir vorgetragene, auf eine tiefere Kenntniss der Natur der Differentialgleichungen gebaute. Selbst die Hypothese der explosionsweisen Mittheilung kann ohne tiefere analytische Kenntnisse nicht verlassen werden. In der That: nehmen wir, um unserem früheren Hinweisen auf die nachträgliche Erörterung des Gegenstandes zu genügen, an — denn man kann ja in der Mathematik auch etwas annehmen, was in der Natur gar nicht möglich ist — nehmen wir also an, es werde einem Mittel eine Undulation aufgezwungen, und das zwar auf eine imaginäre, nimmer realisirbare Weise, so zwar, dass den Theilchen, die sich in Einer Ebene befinden, Eine Undulationsphase, den zunächst daranliegenden die zweite, den darauffolgenden die dritte u. s. w. mitgetheilt wird, so dass der Ort, an welchem Erregung stattfindet, ein mit der Zeit veränderlicher ist, die Anregung zur Undulation also wandert, so müsste man, um das, was nach Ablauf der Zeit t in einem Abstande x von der früher erwähnten Ebene als Folge einer solchen Erregung stattfindet, zu erörtern, Folgendes wissen:

Erstens: Wenn die in einer Ebene oder in sehr kleiner Entfernung von derselben gelegenen Theilchen aus ihrer Ruhelage verschoben oder anderweitig zur Bewegung veranlasst werden, so theilt sich allsogleich die ebene Welle, bei dem Wachsen der Zeit t mindestens in deren zwei, die mit halber Bewegungsintensität, einerlei constanter Geschwindigkeit und entgegengesetzter Richtung im Raume fortschreiten. Ist also die anfängliche Verschiebung der Theilchen etwa $\xi = 2\ f\ (x)$, unter $f\ (x)$ eine Function von x verstanden, die nur in der Nähe von $x = 0$ merklich von der Nulle verschiedene Werthe hat, so wird nach Ablauf der Zeit t:

$$\xi = f\ (x - st) + f\ (x + st)$$

werden, ein von der Nulle nur für solche Werthe von x verschiedener Ausdruck, die entweder nahe an $+st$ oder nahe an $-st$ liegen; für erstere ist nämlich der erste Bestandtheil des Werthes von ξ von der Nulle verschieden und der zweite gleich Null, für die anderen an $-st$ streifenden ist's umgekehrt.

Zweitens: Findet, nebst dieser dem Zeitpunkte $t = 0$ entsprechenden Erregung, noch eine fernere, spätere, für $t = \theta$ statt, und in einer anderen Ebene, die zur ersten parallel und von der-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

selben im Abstande b befindlich ist, so ist die Versehiebung ξ', welche von eben dieser späteren Erregung für sich allein genommen auf die im Abstande x von der ursprünglichen befindliche Ebene naeh Ablauf der Zeit t fällt:

$$\xi' = f(x - b - s(t-\theta)) + f(x - b + s(t-\theta)).$$

Drittens: Findet eine unbesehränkte Anzahl sehr kleiner, in einem unendlich kleinen Zeittheilehen $d\theta$ stattfindender, und diesem Zeittheilehen an Intensität proportionaler Erregungen statt, deren geometriseher Ort mit der Geschwindigkeit c im Raume fortsehreitet, so ist für jede derselben:

$$b = c\,\theta$$

und die Versehiebung ξ, die dann auf den Ort x des Raumes naeh Ablauf der Zeit t fällt ist:

$$\xi = \int_0^t f(x - c\theta - s(t-\theta))\,d\theta + \int_0^t f(x - c\theta + s(t-\theta))\,d\theta.$$

Wäre hingegen die fortsehreitende Anregung periodischer Natur und ihrer Intensität naeh nieht dem $d\theta$, sondern etwa dem Produete $\sin k\theta \cdot d\theta$ proportional, so hätte man:

$$\xi = \int_0^t f(x - c\theta - s(t-\theta))\,\sin k\theta\,d\theta + \int_0^t f(x - c\theta + s(t-\theta))\,\sin k\theta\,d\theta.$$

Führen wir hier, um die Integrationen zwisehen den Grenzen 0 und t durchführen zu können, eine neue Veränderliehe u ein und zwar beim ersten Integrale dureh die Substitution:

$$x - c\theta - s(t-\theta) = u,$$

folglieh:

$$\theta = \frac{u - x + st}{s - c}$$

und daher, differenzirend:

$$d\theta = \frac{du}{s - c},$$

so geht dieses erste Integral über in:

$$\int \frac{f(u)}{s-c} \sin k.\frac{u - x + st}{s - c}\,.\,du.$$

Digitised by the Harvard University; Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

In Bezug auf die Integrationsgrenzen ist zu bemerken, dass, weil die Function $f(u)$ nur für nahe an 0 liegende Werthe von u, etwa zwischen den Grenzen $-\varepsilon$ und $+\varepsilon$, unter ε eine verschwindend kleine Linie verstanden, von der Nulle verschieden ist, es unnütz wäre, dieselben über $-\varepsilon$ und $+\varepsilon$ hinaus zu erweitern. Hieraus folgt ferner noch, dass man auch das u unter dem Zeichen *sin.* als einen sehr kleinen Zusatz zu $st-x$ betrachten und weglassen kann. Verfährt man so, so ergibt sich, dass man für das erste der beiden Integrale den Ausdruck:

$$\frac{1}{s-c} sin \frac{k}{s-c} (st-x) \int_{-\varepsilon}^{+\varepsilon} f(u)\, du$$

setzen kann, in welchem das als Factor erscheinende bestimmte Integral offenbar eine constante Grösse ist, daher wir:

$$\int_{-\varepsilon}^{+\varepsilon} f(u) \,.\, du = C$$

setzen können und so, für den ersten Bestandtheil von ξ den Werth:

$$\frac{C}{s-c} sin \frac{k}{s-c} (st-x)$$

erhalten. Genau auf demselben Wege gelangen wir aber auch durch die Einführung einer neuen Veränderlichen mittelst der Substitution:

$$x - c\theta + s(t-\theta) = u'$$

zum Werthe des andern Bestandtheils von ξ, nämlich zu:

$$-\frac{C}{s+c} sin \frac{k}{s+c} (st+x),$$

woraus sich dann:

$$\xi = \frac{C}{s-c} sin \frac{k}{s-c} (st-x) - \frac{C}{s+c} sin \frac{k}{s+c} (st+x)$$

ergibt — ein Ausdruck, der durch seine beiden Bestandtheile zwei Wellenzüge andeutet, bei welchen Oscillationsdauer, Wellenlänge und Amplitude verschieden sind. Die Amplituden nämlich verhalten sich wie:

$$s+c \quad \text{und} \quad s-c,$$

die Schwingungsdauern haben die Werthe:

$$\frac{2\pi(s-c)}{ks} \quad \text{und} \quad \frac{2\pi(s+c)}{ks},$$

die entsprechenden Wellenlängen aber sind:

$$\frac{(2\pi s-c)}{k} \quad \text{und} \quad \frac{2\pi(s+c)}{k},$$

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

die Wellenzüge schreiten überdem im Raume nach entgegengesetzter Richtung fort: der erste nach der Seite der positiven x, der zweite nach jener der negativen. Man sieht, dass das Aufgeben der explosionsweisen Mittheilung der undulatorischen Bewegung, selbst wenn man immer noch von der falschen Voraussetzung ausgeht, dass das Mittel die progressive Bewegung der Tonquelle anzunehmen unfähig sei, und wenn man überdem den allereinfachsten Fall, den einer ebenen Welle nämlich ins Auge fasst, zu Rechnungen nöthige, die die Hülfsmittel der elementaren Mathematik überschreiten.

Diese Rechnung gibt nun augenscheinlich Aufschluss über den eigentlichen Sinn der imaginären Voraussetzung einer Tonquelle, welche zwar ihre undulatorische Bewegung dem umgebenden Mittel mittheilt, die progressive aber mitzutheilen ausser Stand ist. Diese vorausgesetzte Tonquelle ist nämlich weiter gar nichts, als eine analytische Fiction ohne praktischen Sinn. Der Wissenschaftsforscher, der so was Tonquelle nennt, benimmt sich wie ein Taschenspieler, der seinem Auditorium sagt: „Sehen Sie, meine Herren, ich habe hier „Einen Ducaten, dieser Eine Ducaten ist aber nicht Einer, sondern „zwei und auch kein Ducaten, sondern nur zwei Rechenpfennige" — so auch hier: die Tonquelle, von welcher wir sprechen, ist keine Tonquelle, sondern eine analytische Fiction, enthaltend eine imaginäre Erregungsweise, die durch gar kein Mittel, wenn auch nur angenähert, praktisch realisirt werden kann, durch die übrigens nicht Ein Ton, sondern deren zweie factisch in den Raum gelegt werden, was daher kommt, dass mit der undulatorischen Beschaffenheit der Erregung, die in ihrem Intensitätsfactor $\sin k\,\theta$ liegt, eine progressive verbunden wird, die für Punkte nach vor- und nach rückwärts die verschiedenen Bedeutungen der Annäherung und Entfernung hat, was ja offenbar zwei ganz verschiedene Erregungssorten gibt, denen natürlich dann auch zwei Töne entsprechen. Wahrhaftig — es ist ungemein leicht, auf diesem Felde, wenn man nicht mit besonderer Vorsicht schreitet, sich sehr zu täuschen, während die Analysis und Aufdeckung des Irrthums einen bedeutenden Aufwand von wissenschaftlicher Logik erfordern kann. Dies geht so weit, dass es hundertmal leichter ist Proselyten zu gewinnen für den Irrthum, als sie zurückzubekehren zur Wahrheit.

Ich sehe es voraus, dass man dieser meiner Zergliederung der in Rede stehenden Anschauungsweisen gewisse Erfahrungsresultate

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

entgegenhalten wird, namentlich die Experimente von Buys Ballot, welche den Einfluss der progressiven Bewegung auf die Oscillationsdauer bestätigen sollen. Ich trage vor der Hand weder im Sinne die Ergebnisse dieser experimentellen Untersuchungen zu bekräftigen noch anzuzweifeln; es liegt dies auch in meiner Stellung nicht, dem, als Mathematiker, in der Akademie vorzugsweise das Formelle in der Wissenschaft anvertraut ist. Um nun solche Einwürfe zu entkräften, um ferner Papier und Druckerschwärze zu sparen, um stetigen Ganges auf das vorgesteckte Ziel loszuschreiten, dürfte wohl nachstehende Schlussfolgerung gegenwärtig am Platze sein:

Die Resultate der genannten Experimente sind entweder richtig oder unrichtig; sind sie richtig, dann ist die eben analysirte Anschauungsweise eine unrichtige Erklärung derselben, nachdem sie den Verlauf der Erscheinung augenscheinlich unrichtig angibt und so die reine Quelle der Erfahrung trübt; sind sie aber unrichtig, dann häuft sie Irrthum auf Irrthum und scheint denselben sogar hervorgerufen zu haben.

Es soll hiemit nicht gesagt sein, dass ich es verschmähe, mich auf eine Analyse des Experimentes und überhaupt auf eine Untersuchung einzulassen, die ein fremdes mir nicht unmittelbar zugewiesenes Gebiet berührt; ich erkenne nur die denjenigen Männern der Wissenschaft, denen das Experiment oder auch allenfalls der physiologische Eindruck einer Undulation auf die Organe ein Gegenstand lang fortgesetzter specieller Studien ist, gebührende Vorhand an. Sollten sich diese damit nicht betheiligen wollen, so werde ich nicht anstehen, auch über die Anforderungen, die die mathematische Analysis an das Experiment stellt, einige kurze und bündige Worte zu sprechen und muss vor der Hand nur Sorge tragen, dass die formelle Seite des Gegenstandes erledigt werde, was ich heute, theilweise wenigstens, geleistet zu haben glaube.